

**Radial force sensor for crane load or level detection, has flexible ring with resistance strain gauge arranged between force conducting elements and force sensing elements**

**Publication number:** DE19960786 (A1)

**Publication date:** 2001-06-21

**Inventor(s):** RETTIG MANFRED [DE]; KOENIG HANS-GUENTER [DE] +

**Applicant(s):** SCHENCK PROCESS GMBH [DE] +

**Classification:**

**- international:** G01G3/14; G01L1/16; G01L1/22; G01G3/00; G01L1/16; G01L1/20; (IPC1-7): G01L1/22; G01G3/12; G01L1/26

**- European:** G01G3/14B8; G01L1/16B; G01L1/22B8B

**Application number:** DE19991060786 19991216

**Priority number(s):** DE19991060786 19991216

**Cited documents:**

DE4104926 (A1)

DE3837683 (A1)

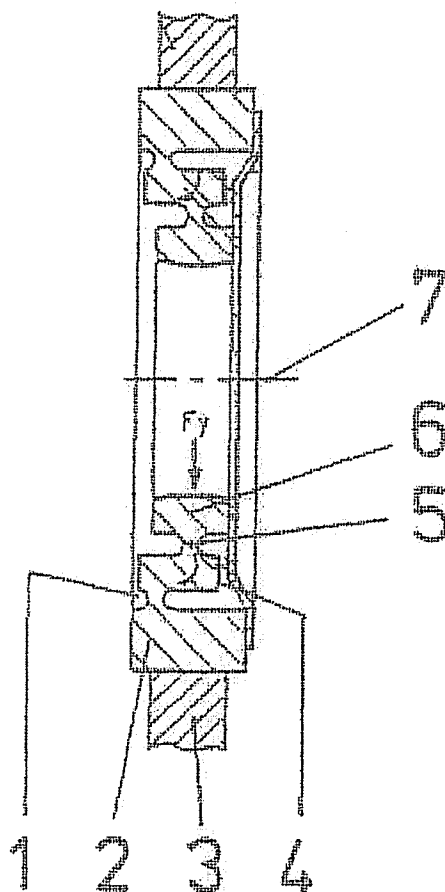
DE3812860 (A1)

DE3736154 (A1)

US5111702 (A)

**Abstract of DE 19960786 (A1)**

The sensor has at least one flexible ring (4) with a resistance strain gauge arranged between force conducting elements (6) and force sensing elements (2). The flexible ring is connected to the force conducting and sensing elements by bars, so that a bending force proportional to the radial force is applied to the flexible ring. The flexible ring is arranged in the plane of the main measurement direction, or parallel to it.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 60 786 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 L 1/22**  
G 01 G 3/12  
G 01 L 1/26

②1 Aktenzeichen: 199 60 786.9  
②2 Anmeldetag: 16. 12. 1999  
④3 Offenlegungstag: 21. 6. 2001

DE 199 60 786 A 1

⑦1 Anmelder:  
Schenck Process GmbH, 64293 Darmstadt, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Behrens, H., Dipl.-Ing., Rechtsanwalt, 64293  
Darmstadt

⑦2 Erfinder:  
Rettig, Manfred, 64367 Mühlthal, DE; König,  
Hans-Günter, Dr., 64354 Reinheim, DE

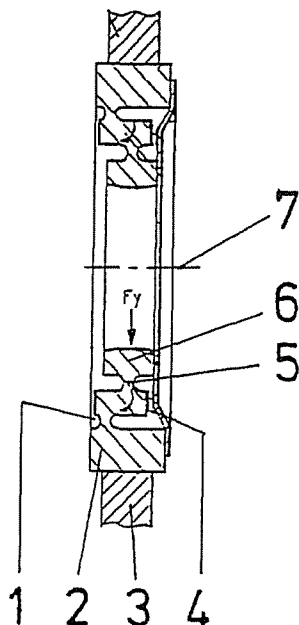
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

|    |              |
|----|--------------|
| DE | 41 04 926 A1 |
| DE | 38 37 683 A1 |
| DE | 38 12 860 A1 |
| DE | 37 36 154 A1 |
| US | 51 11 702    |
| EP | 03 38 325 A1 |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Radialkraftaufnehmer

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Radialkraftaufnehmer mit Krafteinleitungselementen (6, 21, 28, 50) und Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54), zwischen denen Verformungskörper mit daran applizierten Dehnungsmeßstreifen (10, 11, 13, 14, 62, 63, 64, 65) angeordnet sind. Dabei besteht der Verformungskörper aus einem Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52), der über ringförmige elastische Stege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) mit ringförmigen Krafteinleitungselementen (6, 21, 28, 50) und Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) verbunden ist. Der Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) ist dabei in einer Ebene angeordnet, die längs oder parallel zur Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) ausgerichtet ist. Der Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) ist über ringförmige Stege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) so mit den Krafteinleitungselementen (6, 21, 28, 50) und Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) verbunden, daß in den Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) ein radialkraftabhängiges Biegemoment eingeleitet wird. Der Radialkraftaufnehmer ist scheibenförmig und rotationssymmetrisch aufgebaut oder wird durch zwei seitliche Meßkörper gebildet, die über eine Achse (39, 50) kraftschlüssig miteinander verbunden sind und eine zweipunktartige Radialkraftmessung ermöglichen.



DE 199 60 786 A 1

Die Erfindung betrifft einen Radialkraftaufnehmer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Im industriellen und gewerblichen Bereich werden häufig größere Lasten mit Kränen und über Rollen oder Räder transportiert, deren Gewicht ermittelt werden soll, das radial an den Rollen oder Achsen wirkt. Teilweise müssen auch vorgegebene radiale Spann- oder Zugkräfte an Umlaufrädern oder deren Achsen festgestellt und nachgeregelt werden. In der Stahlindustrie werden beispielsweise Füllstände von Schmelzgutbehältern beim Ein- oder Umfüllen gewichtsmäßig überwacht, die auf Rollen, Rädern oder über Achsen gelagert sind. Dabei treten an den Achsen, Rädern oder Rollen die gelagerten Gewichtskräfte in radialer Richtung auf.

Aus der EP 0 288 985 A2 ist eine rotationssymmetrische Biegering-Wägezelle bekannt, die aus einem ringförmigen Kraftaufnahmeelement und einem zylindrischen Krafteinleitungselement besteht, wobei dazwischen ein ringförmiger mit Dehnungsmeßstreifen applizierter Biegering angeordnet ist. Der Biegering ist über zwei schmale ringförmige Stege einerseits mit dem Krafteinleitungselement und andererseits mit dem Kraftaufnahmeelement verbunden. Allerdings ist mit einer derartigen Wägezelle bzw. einem Kraftaufnehmer unmittelbar nur eine axial gerichtete Kraft bzw. Gewicht messbar.

Aus dem Kochsiek, Handbuch des Wägens, 2. Auflage, 1998, Seite 269 bis 273 sind allerdings Kranwaagen bekannt, bei denen zwischen Kranrollen und einer hängenden Last Kraftumleitungsvorrichtungen vorgesehen sind, zwischen denen eine oder mehrere axial messende Wägezellen so angeordnet sind, daß die radial an den Seilrollen auftretende Gewichtskraft axial in die Wägezellen eingeleitet wird. Derartige Kraftumleitungsvorrichtungen, die die an den Achsen vorhandenen radialen Gewichtskräfte axial in die Wägezellen einleiten, sind allerdings verhältnismäßig aufwendig in der Konstruktion und benötigen zusätzlich nicht unerheblichen Umbauraum.

Aus dem Firmenprospekt "Direktwägetechnik" D4148, der Firma Schenck, Darmstadt, Ausgabe 1991, Seite 4 bis 6, sind in Bild 3 und 9 eine Wägenabe und ein Drehmeßlager bekannt, mit denen Radialkräfte an Achsen oder deren Lagerung direkt gemessen werden können. Dazu sind zwischen den Krafteinleitungs- und Kraftaufnahmeelementen verbindungsstegartige Verformungskörper vorgesehen, an denen direkt Dehnungsmeßstreifen appliziert sind und die die Gewichtbelastung erfassen. Diese Radialkraftaufnehmer eignen sich aber nur für spezielle Anwendungsfälle und benötigen einen verhältnismäßig großen Umbauraum.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Radialkraftaufnehmer zu schaffen, mit dem auf einfache Weise direkt auftretende Radialkräfte an Achsen, Rollen, Rädern und dergleichen unmittelbar erfaßbar sind.

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausführungsbeispiele sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß durch die Messung des radialkraftabhängigen Biegemoments mittels eines in radialkrafttrichtung angeordneten Biegerings die Aufnehmer in Hauptmeßrichtung sehr schmal bauend ausführbar sind, so daß sie platzsparend eingesetzt werden können. Insbesondere sind derartige Aufnehmer unmittelbar zwischen herkömmlichen Lagerelementen an Achsen, Wellen und Rädern einsetzbar, ohne daß große Konstruktionsänderungen an diesen Geräteelementen vorgesehen werden müssen. Dabei sind insbesondere aufwendige Kraftein- und Kraftauf-

nahmevorrichtungen entbehrlich, da vorteilhafterweise durch die rotationssymmetrische Bauweise die Radialkraftaufnehmer direkt zwischen den Rundachsen, Wellen, Lagern und Rädern bzw. deren Lagerelementen platzsparend einbaubar sind.

Die Erfindung besitzt auch den Vorteil, daß durch das rotationssymmetrische Biegeringprinzip hochgenaue Radialkraftaufnehmer realisierbar sind, da deren Meßgenauigkeit durch die Anordnung mehrerer parallel verlaufender Biegeringe, die über gelenkige Stege miteinander verbunden sind, die Meßgenauigkeit um ein Vielfaches erhöht werden kann.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung, bei der mindestens zwei Radialkraftaufnehmer kraftschlüssig miteinander verbunden sind oder über eine gemeinsame Achse belastet werden, ist vorteilhafterweise eine momentenbehaftete Lasteinleitung möglich, ohne daß ein bestimmter, axial zwischen den Aufnehmern vorgegebener Lasteinleitungsort eingehalten werden müßte. Da bei dieser Form die Kraftaufnehmerteile vorteilhafterweise spiegelbildlich angeordnet werden, wirken Axialkräfte bzw. in der Achse auftretende Biegemomente nicht meßwertverfälschend, weil sich diese durch die gegenläufigen Biegemomente aufheben. Vorteilhafterweise können bei einer derartigen Anordnung der einzelnen Radialkraftaufnehmer die Dehnungsmeßstreifen auch so verschaltet werden, daß die Axialkräfte einzeln erfaßbar sind und rechnerisch berücksichtigt werden können.

Bei einer weiteren besonderen Ausführungsart, bei der an jeden Biegering mindestens vier um 90° versetzte Dehnungsmeßstreifen vorgesehen sind, können auch die einzelnen Radialkraftkomponenten ermittelt werden, wenn die Radialkraft nicht genau in Hauptmeßrichtung verläuft.

Bei einer zusätzlichen Ausführungsart, bei der mindestens zwei Meßkörper in einer Meßachse integriert sind, können sehr dünne Meßachsen realisiert werden, die auf einfache Weise gegenüber herkömmlichen Achsen austauschbar sind. Damit können vorteilhafterweise auch langgestreckte Meßachsen realisiert werden, mit denen sehr breite Lasten direkt ermittelbar sind.

Bei einer weiteren besonderen Ausführungsart kann die Nennbelastbarkeit vorteilhafterweise dadurch vervielfacht werden, daß mehrere scheibenförmige Radialkraftaufnehmer kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1** einen flachen scheibenförmigen Radialkraftaufnehmer in Seitenansicht;

**Fig. 2** einen flachen scheibenförmigen Radialkraftaufnehmer in Draufsicht;

**Fig. 3** einen Radialkraftaufnehmer zur momentenbehafteten Kraftmessung;

**Fig. 4** einen scheibenförmigen Radialkraftaufnehmer;

**Fig. 5** eine Anordnung zweier Radialkraftaufnehmer an einer Belastungsachse und

**Fig. 6** eine Radialkraftmeßwelle.

In **Fig. 1** der Zeichnung ist ein Schnittbild eines flachen Radialkraftaufnehmers in Seitenansicht dargestellt, der rotationssymmetrisch aufgebaut und scheibenförmig ausgebildet ist. Dabei besteht der Radialkraftaufnehmer aus einem Krafteinleitungselement 6, einem Kraftaufnahmeelement 2 und einem dazwischen angeordneten Biegering 4 als Verformungskörper, der über zwei axial versetzte Stege 1, 5 mit dem ringförmigen Krafteinleitungs- 6 und Kraftaufnahmeelement 2 verbunden ist.

Der Radialkraftaufnehmer ist mit seinem äußeren Kraftaufnahmering 2 in einer runden Bohrung eines kraftaufnehmenden Geräte- oder Gehäuseteils 3 gelagert. Dabei ist der

Kraftaufnahmering 2 kraftschlüssig mit dem Geräte- oder Gehäuseteil 3 verbunden. Der rotationssymmetrische Radialkraftaufnehmer ist wie eine flache Scheibe aufgebaut, bei dem sowohl die Kraftaufnahmeelemente 2, die Krafteinleitungselemente 6, der Biegering 4 als auch die elastischen Stege 1, 5 ringförmig ausgebildet und konzentrisch um eine Mittelachse 7 angeordnet sind. Dies ist im einzelnen aus Fig. 2 der Zeichnung näher ersichtlich, die die Draufsicht des Aufnehmers nach Fig. 1 darstellt. Der Kraftaufnahmering 2 wird über einen innenliegenden elastischen ersten Steg 1 mit dem äußeren Umfang des Biegerings 4 verbunden. An seinem inneren Umfang ist der Biegering 4 mit einem zweiten Steg 5 mit dem äußeren Umfang des Krafteinleitungsrings 6 elastisch verbunden. Dabei sind beide Stege 1, 5 in axialer Richtung des flachen Radialkraftaufnehmers versetzt angeordnet. Die Stege 1, 5 sind dabei durch gegenübergerichtete axiale Ringnuten 8, 9 gebildet, durch die der Biegering 4 gelenkig mit dem Krafteinleitungs- 6 und Kraftausleitungsring 2 verbunden ist.

Wird nun der innere Krafteinleitungsring 6 durch eine Kraft in radialer Richtung  $F_y$  belastet, so wird durch die versetzten Stege 1, 5 ein radialkraftabhängiges Biegemoment in den Biegering 4 eingeleitet. Dadurch wird eine Verwölbung des Biegerings 4 in der Ebene der Radialkraft erzeugt, und damit entsteht eine gegengerichtete Durchmesseränderung der axialen Biegeringflächen. Hierdurch wird eine Stauch- und Dehnzone realisiert, die mit mindestens jeweils einem Dehnungsmeßstreifen 10, 11 appliziert ist. So ist in Radialkrafttrichtung symmetrisch zu einer Mittellinie 12 jeweils ein oberer Dehnungsmeßstreifen 11 und mindestens ein unterer Dehnungsmeßstreifen 12 auf dem Biegering 4 vorgesehen. Bei entsprechender Verschaltung der Dehnungsmeßstreifen 10, 11 zu einer Wheatstone'schen Halbbrückenschaltung entsteht somit ein Signal, das den eingeleiteten Radialkräften proportional ist. Vorteilhafterweise kann der Radialkraftaufnehmer noch mit zwei weiteren Dehnungsmeßstreifen als Doppeldehnungsmeßstreifen appliziert werden, die symmetrisch zur Mittelachse 12 mit den anderen beiden Dehnungsmeßstreifen 10, 11 angeordnet sind. Hiermit ist jeder Radialkraftaufnehmer als Vollbrücke schaltbar, durch die sich die Radialkraftsignale in Hauptmeßrichtung  $F_y$  addieren lassen und sich das Meßsignal erhöht.

Der Radialkraftaufnehmer kann aber auch noch mit zwei weiteren Dehnungsmeßstreifen 13, 14 appliziert sein, die jeweils  $90^\circ$  gegenüber den anderen beiden Dehnungsmeßstreifen 10, 11 versetzt sind. Die beiden quer zur Mittellinie 12 angeordneten Dehnungsmeßstreifen 13, 14 werden dann als eigenständige Halbbrücke geschaltet, so daß damit die quer zur eigentlichen Radialkrafttrichtung verlaufende Kraftkomponente  $F_x$  erfaßbar ist. Mit zwei derartigen Halbbrücken sind dann die beiden möglichen Radialkraftkomponenten in gleicher Ebene erfaßbar, wenn die Radialkrafttrichtung nicht mit der Hauptmeßrichtung  $F_y$  übereinstimmt. Durch rechnerische Verknüpfung der beiden Radialkraftkomponenten  $F_y$ ,  $F_x$  kann daraus die resultierende Radialkraft ermittelt werden.

Bei dem Radialkraftaufnehmer nach Fig. 1 und 2 sind die beiden Stege 1, 5 quer oder orthogonal zur Mittelachse 7 angeordnet und als elastische Gelenke ausgebildet, durch die die Radialkraft von dem Krafteinleitungsring 6 über den Biegering 4 in den Kraftaufnahmering 2 übertragen wird. Die Stege 1, 5 sind dabei durch gegeneinander gerichtete axiale Ringnuten 8, 9 zwischen dem Krafteinleitungsring 6 und dem Biegering 4, als auch zwischen dem Kraftaufnahmering 2 und dem Biegering 4 gebildet. Dabei befindet sich der erste Steg 1 in axialer Höhe etwa auf einer Fläche, die die axiale Länge des Aufnehmers etwa halbiert. Der zweite

Steg 5 zwischen dem Kraftaufnahmering 2 und dem Biegering 4 ist gegenüber dem ersten Steg 1 axial versetzt und befindet sich etwa auf einer Fläche, die die axiale Länge des Aufnehmers viertelt. Über die axiale Lage der Ringstege 1, 5 und die Steifigkeit des Torsionsringes 4 ist die Empfindlichkeit des Aufnehmers einstellbar. Damit läßt sich bei gleichen äußeren Abmessungen ein breites Nennlastspektrum abdecken. Aufgrund der konstruktiven Anforderungen des Aufnehmers oder dessen Einbausituation können die Stege 1, 5 auch an anderen axialen Ebenen vorgesehen werden. Dabei muß bei der vorgegebenen Ausführung des Aufnehmers zwischen den beiden Stegen 1, 5 jedoch ein axialer Abstand eingehalten werden, damit bei einer Radialkraftbelastung im Biegering 4 ein Kippmoment und damit ein Biegemoment erzeugt wird.

Soweit in den Aufnehmer eine momentenfreie Axialkraft eingeleitet wird, so führt das im Biegering zu einer Verwölbung in der Ebene der Radialkraft und damit zu einer gleichgerichteten Durchmesseränderung der applizierten Ringfläche. Die Radialkraft wird meist mittels einer Rundachse oder Welle in den Krafteinleitungsring 6 eingeleitet, die in der Bohrung des Krafteinleitungsringes anzuordnen ist.

In Fig. 3 der Zeichnung ist ein zweiteiliger Radialkraftaufnehmer dargestellt, der aus zwei spiegelbildlichen Aufnehmern 17, 20 entsprechend der Fig. 1 bzw. Fig. 2 besteht, die an den Berührungsflächen 23 kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Diese Ausführung des Radialkraftaufnehmers ist vorteilhaft, soweit die Radialkraft nicht momentenfrei einleitbar ist. Beide Aufnehmerscheiben 17, 20 sind identisch ausgebildet und zur Abdichtung und kraftschlüssigen Verbindung miteinander verschweißt, verschraubt, verklebt oder auf andere Weise fest verbunden. Dadurch entsteht ein Radialkraftaufnehmer mit einem verbreiterten Kraftaufnahmering 15 und einem verbreiterten Krafteinleitungsring 21 sowie zwei Biegeringen 16, 22, die mit jeweils zwei Ringstegen an den Kraftein- 21 und -ausleitungsrings 15 befestigt sind. Durch die spiegelbildliche Anordnung der beiden Meßkörper des Aufnehmers sind die Biegeringe 16, 22 mit ihren applizierten Ringflächen 18, 19 in der Ebene der Berührungsflächen 23 gegenüberliegend angeordnet. Bei einer Radialkrafteinleitung mit einem Radialkraftmoment bewirkt dies eine gegenläufige Biegung der spiegelbildlich angeordneten Biegeringe 16, 22, so daß bei entsprechender Verschaltung der Dehnungsmeßstreifen die Signalanteile der eingeleiteten Radialkraftmomente sich aufheben, während nur der Radialkraftanteil in Hauptmeßrichtung  $F_y$  in Erscheinung tritt.

Bei längeren Krafteinleitungsachsen können auch mehr als nur zweiteilige Radialkraftaufnehmer zu einem vierteiligen Radialkraftaufnehmer verbunden werden. Hierdurch kann auf vorteilhafte Weise auch die Nennbelastbarkeit vervielfacht werden, ohne daß die Meßgenauigkeit leidet und die Innen- und Außendurchmesser erhöht oder verändert werden müssen. Insbesondere kann durch eine Erhöhung der Anzahl der applizierten Biegeringe 16, 22 auch die Meßgenauigkeit bei gleicher Nennbelastung verbessert werden.

In Fig. 4 der Zeichnung ist ein Radialkraftaufnehmer dargestellt, durch den ein sehr großes Verhältnis von Innendurchmesser  $d$  und Außendurchmesser  $D$  realisierbar ist. Dies ist immer dann vorteilhaft, wenn die Einbausituation im Verhältnis zur Belastungsachse nur verhältnismäßig kleine Außendurchmesser  $D$  zuläßt. Dabei ist der Radialkraftaufnehmer auch scheibenförmig und rotationssymmetrisch ausgebildet, der einen Kraftaufnahmering 31 enthält, der in einem kraftaufnehmenden Geräteeil 24 kraftschlüssig befestigt ist. In axialer Richtung seitlich neben dem Kraftaufnahmering 31 ist ein erster Ringsteg 25 angeordnet, der den dazu seitlichen Biegering 26 mit dem Kraftaufnah-

mering 31 gelenkig verbindet. Dazu ist der erste Ringsteg 25 durch zwei radial gegenüberliegende Ringnuten gebildet, die auf einer axialen Ebene liegen.

Der Biegering 26 ist etwa rechteckig ausgebildet und besitzt geringfügig kleinere Innen- und Außendurchmesser als der Kraftaufnahmering 31. An der der ersten Ringstegseite gegenüberliegenden Stirnfläche 27 des Biegerings 26 sind die Dehnungsmeßstreifen entsprechend der Ausführung nach Fig. 1 bzw. Fig. 2 appliziert und zu einer Brückenschaltung verschaltbar. Radial innenliegend zum Biegering 26 ist ein Krafteinleitungsring 28 vorgesehen, der über einen zweiten Ringsteg 30 mit dem Biegering 26 verbunden ist. Dabei wird der zweite Ringsteg 30 durch zwei axial gegenüberliegende Ringnuten gebildet, die den gleichen radialen Abstand zu einer Mittelachse 29 aufweisen. Die Ausführungsvariante nach Fig. 4 der Zeichnung weist einen ersten Ringsteg 25 auf, der in axialer Richtung verläuft und axial vom zweiten Ringsteg 30 beabstandet ist. Der zweite Ringsteg 30 ist quer zur Mittelachse 29 bzw. zum ersten Ringsteg 25 ausgerichtet und besitzt einen geringeren radialen Abstand zur Mittelachse 29 als der erste Ringsteg 25. Durch die Radialkraftbelastung des Krafteinleitungsrings 28 wird ein Kippmoment bzw. ein Biegemoment in den Biegering 26 eingeleitet, so daß dadurch eine Verwölbung in der Ebene der Radialkraft bewirkt wird, die dieser proportional ist.

In Fig. 5 der Zeichnung ist ein Einbaubeispiel einer Radialkraftmessung mit Zweipunktlagerung mittels einer Belastungsachse 39 dargestellt, wobei die Radialkraft durch zwei Radialkraftaufnehmer 33, 37 entsprechend der Fig. 4 ermittelt wird. Die beiden Radialkraftaufnehmer 33, 37 sind dabei in vorgegebenem axialen Abstand spiegelbildlich zueinander auf der Belastungsachse 39 angeordnet. Dabei ist die Belastungsachse 39 kraftschlüssig mit den beiden Krafteinleitungsringen 32, 38 der beiden Radialkraftaufnehmer 33, 37 verbunden. Die beiden Kraftaufnahmeringe sind in einem vorgesehenen axialen Abstand an kraftaufnehmenden Geräteteilen 34, 36 befestigt und stellen die beiden Auflagerpunkte der scheibenförmigen Aufnehmer 33, 37 dar. Durch eine derartige Einbauanordnung wird eine sogenannte Radialmeßachse gebildet, mit der eine auf die Achse 39 wirkende Kraft  $F_y$  ermittelbar ist. Derartige Radialkraftmeßachsen sind vorteilhaft für gewichtskraftbelastete Radachsen, Verbindungsbolzen von Krananlagen oder auf Rollen, Rädern und dergleichen gelagerten befüllbaren Behältnisse einsetzbar.

Durch die zwei an der Belastungsachse 39 vorgesehenen Radialkraftaufnehmer 33, 37 wird eine Radialkraftmeßachse gebildet, bei der es vorteilhafterweise nicht auf den Ort der axialen Krafteinleitung ankommt, da die Summe der Belastung in den beiden Radialkraftaufnehmern 33, 37 die resultierende Radialkraft darstellt. Die Funktion einer derartigen Einbausituation entspricht der Funktion des zweiteiligen Radialkraftaufnehmers nach Fig. 3 der Zeichnung. Allerdings eignet sich die Einbausituation nach Fig. 5 der Zeichnung auch für verhältnismäßig lange radialkraftbelastete Achsen, da hierdurch die auftretenden Momente klein gehalten werden können und sich durch die spiegelbildliche Aufnehmeranordnung 33, 37 die Momente gegeneinander aufheben. Bei den beiden Aufnehmern 33, 37 ist zusätzlich eine Überlastsicherung vorgesehen, indem der Innendurchmesser des Kraftaufnehmerings um einen vorgegebenen Überlastspalt 35 größer dimensioniert wird als der Innendurchmesser des Krafteinleitungsrings 38.

In Fig. 6 der Zeichnung ist im Prinzip ein zweiteiliger Radialkraftaufnehmer entsprechend Fig. 3 dargestellt, der als einteilige Radialkraftmeßachse 40 ausgebildet ist. Dabei besteht die Meßachse 40 im wesentlichen aus einem Radialkraftaufnehmer mit zwei Biegeringen 47, 52, zwischen de-

nen als Krafteinleitungselement eine Belastungsachse 50 vorgesehen ist. Die Meßachse 40 ist aus einem einteiligen Rohr oder zylindrischem Vollmaterial herausgearbeitet. Die gesamte Meßachse 40 besitzt etwa durchgehend den gleichen Außendurchmesser, kann aber wegen konstruktiver Vorgaben auch Bereiche unterschiedlicher Außendurchmesser aufweisen. Die Meßachse 40 besteht aus zwei seitlich angeordneten Meßkörpern, die wie ein separater Radialkraftaufnehmer ausgebildet sind. Die Meßkörper sind gegenüber einer radialen Mittelfläche 49 spiegelbildlich angeordnet, und identisch ausgebildet. Jeder Meßkörper wird durch eine axiale Bohrung 60 gebildet, die am äußeren Randbereich durch ein ringförmiges Kraftaufnahmeelement 45 begrenzt wird. Jeder Kraftaufnahmering 45 ist in einem kraftaufnehmenden Geräteteil 44, 55 gelagert.

In axialer Richtung wird jeder Kraftaufnahmering 45, 54 durch eine innenliegende radiale Nut 57, 61 begrenzt, die einen dünnen ringförmigen Steg 46, 53 zwischen dem Kraftaufnahmering 45, 54 und dem Biegering 47, 52 bildet. Der Biegering 47, 52 ist durch eine weitere, in axialem Abstand angeordnete zweite radiale Nut 58, 59 aus dem Grundkörper herausgearbeitet. Gleichzeitig bildet die zweite Nut 58, 59 einen zweiten ringförmigen Steg 48, 51 zwischen dem Biegering 47, 52 und dem Krafteinleitungselement 50 zwischen den beiden Meßkörpern. Der Biegering 47, 52 jeder Seite besitzt eine etwa rechteckige Querschnittsfläche und ist auf seiner außenliegenden Stirnseite mit vier Dehnungsmeßstreifen 62, 63, 64, 65 bestückt, die jeweils um einen Versatzwinkel von  $90^\circ$  angeordnet sind. Zur Radialkraftmessung würden allerdings auch jeweils zwei in Hauptmeßrichtung  $F_y$  angeordnete Dehnungsmeßstreifen 62, 63 ausreichen. Bei entsprechender Verschaltung kann durch die vier Dehnungsmeßstreifen 62, 63, 64, 65 die Radialkraft auch in ihren Komponenten erfaßt werden.

Symmetrisch zur radialen Mittelfläche 49 ist das Krafteinleitungselement 50 vorgesehen, das beide Meßkörper kraftschlüssig miteinander verbindet. Da die Meßachse 40 eine durchgehende Bohrung 41 enthält, ist auch das Krafteinleitungselement 50 ringförmig ausgebildet, kann aber auch als Vollmaterial vorgesehen sein. Die Oberfläche des Krafteinleitungselementes 50 ist zylinderförmig ausgebildet. Dabei verläuft die Krafteinleitung  $F_y$  in Richtung einer radialen Mittelfläche 49 oder parallel zu dieser radialen Mittelfläche. Diese Zylinderfläche kann zur Aufhängung einer Seilzugrolle oder zur Abstützung von belasteten Halteringen, Rollen oder Rädern dienen. Die Zylinderfläche kann in axialer Richtung verhältnismäßig lang ausgebildet sein und direkt zur Aufnahme von Papier-, Stahlblech- oder Drahtrollen verwandt werden, deren radial wirkende Gewichtskraft ermittelt werden soll. Der als Meßachse 40 ausgebildete Radialkraftaufnehmer ist rotationssymmetrisch ausgebildet, kann aber auch an den Kraftein- und -aufnahmeelementen abgeflacht, quadratisch oder rechteckig sein oder davon abgewandelte Querschnittsformen aufweisen.

Zum Schutz der meßaktiven Teile, insbesondere vor Feuchtigkeit, mechanischer Beschädigung oder ähnlicher Beeinträchtigung sind die beiden außenliegenden Bohrungsabschnitte mit Abdeckscheiben 42, 56 versehen, die mit den Kraftaufnahmeringen 45, 54 luftdicht verschraubt, verklebt oder verschweißt werden können. Zur Durchführung der Anschlußkabel oder Anschlußdrähte ist allerdings mindestens eine kleine axiale Bohrung vorgesehen, die leicht mit Vergußmasse oder mit einer dichten Kabelverschraubung verschlossen werden kann. Derartige axiale Innenbohrungen können aber auch zur Lagerung von kraftaufnehmenden Geräteteilen genutzt werden, soweit dies aus konstruktiven Gründen vorteilhaft ist. Derartige Abdeckscheiben 42, 56 können aber auch dazu verwandt werden,

mehrere gleichartige Meßachsen 40 kraftschlüssig zu koppeln, indem diese als Verbindungselemente dienen. Darüber hinaus wirken die Abdeckscheiben 42, 56 stabilisierend auf den Kraftaufnahmering 45, 54, so daß weniger Störkräfte das Meßergebnis verfälschen können.

Die Meßachse 40 als Radialkraftaufnehmer kann in axialer Richtung auch über mehr als einen Biegering 47, 52 in jedem Meßkörper verfügen. So können axial auch mehrere Biegeringe parallel nebeneinander angeordnet werden, die über Stege miteinander verbunden sind. Weiterhin sind auch Ausführungsvarianten realisierbar, bei denen zwischen dem Kraftaufnahmeelement und dem Krafteinleitungselement separate Kraftübertragungsglieder vorgesehen sind, über die mehrere parallel nebeneinander angeordnete Biegeringe mit den Kraftausleitungs- und -einleitungselementen kraftschlüssig gekoppelt werden. Die zwischen den Biegeringen und/oder den Kraftaufnahme- und -einleitungselementen angeordneten Stege müssen nicht als Vollringe ausgebildet sein, sondern können auch symmetrisch verteilte Aussparungen aufweisen, um eine gelenkigere Kraftkopplung zu ermöglichen.

#### Patentansprüche

1. Radialkraftaufnehmer mit Krafteinleitungselementen und Kraftaufnahmeelementen, zwischen denen Verformungskörper mit daran applizierten Dehnungsmeßstreifen angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) als Verformungskörper vorgesehen ist, der so über ringförmige Stege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) mit den Krafteinleitungs- (6, 21, 28, 50) und den Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) verbunden ist, daß in den Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) ein radialkraftabhängiges Biegemoment eingeleitet wird, wobei der Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) in einer Ebene angeordnet ist, die in Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) oder parallel zur Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) verläuft.
2. Radialkraftaufnehmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer rotationssymmetrisch ausgebildet ist und mindestens einen oder mehrere Meßkörper enthält.
3. Radialkraftaufnehmer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkörper aus mindestens einem Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) besteht, der über ringförmige Stege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) mit den Krafteinleitungs- (6, 21, 28, 50) und Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) und/oder weiteren Meßkörpern verbunden ist.
4. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftaufnahmeelemente (2, 15, 31, 45, 54) und/oder die Krafteinleitungselemente (6, 21, 28, 50) ringförmig und/oder als Vollprofil mit rundem und/oder eckigem Querschnitt bzw. Profil ausgebildet sind.
5. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegeringe (4, 16, 22, 28, 47, 52) über schmale, ringförmige, elastische Stege (5, 25, 30, 45, 48, 51, 53) mit den Krafteinleitungselementen (6, 21, 28, 50), Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) oder miteinander verbunden sind.
6. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) durch ringförmige Nuten (8, 9, 57, 58, 59, 61) zwischen den Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) und dem Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) und den Krafteinleitungselementen (6, 21, 28,

50) und dem Biegering (4, 16, 22, 28, 47, 52) und/oder zwischen den Biegeringen (4, 16, 22, 28, 47, 52) und/oder den mit den Kraftaufnahmeelementen (2, 15, 31, 45, 54) und den Krafteinleitungselementen (6, 21, 28, 50) verbundenen Zwischenteilen gebildet werden.

7. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringnuten (8, 9, 52, 58, 59, 61) symmetrisch zu einer Mittelachse (7, 29) in axialer Richtung und/oder radialer Richtung einseitig und/oder gegeneinander gerichtet vorgesehen sind.

8. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Ringstegen (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) Aussparungen vorgesehen sind, die rotationssymmetrisch auf dem Umfang verteilt sind.

9. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungselemente (5, 21, 28, 50) und die Kraftaufnahmeelemente (2, 15, 31, 45, 54) gegeneinander axial und/oder radial versetzt und/oder konzentrisch umeinander angeordnet sind.

10. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringstege (5, 25, 30, 46, 48, 51, 53) jedes Meßkörpers axial und/oder radial gegeneinander so versetzt angeordnet sind, daß ein radialkraftabhängiges Biegemoment in den Biegeringen (4, 16, 22, 28, 47, 52) erzeugt wird.

11. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer so ausgebildet ist, daß mehrere gleichartige und/oder verschiedenartige Aufnehmer axial kraftschlüssig miteinander verbunden sind, wobei diese spiegelbildlich und/oder gleichsinnig zueinander angeordnet sind.

12. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegeringe (4, 16, 22, 28, 47, 52) mit mindestens zwei in Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) und/oder quer dazu angeordneter Dehnungsmeßstreifen (10, 11, 13, 14, 62, 63, 64, 65) bestückt sind, wobei diese auf mindestens einer Stirnfläche der Biegeringe (4, 16, 22, 28, 47, 52) vorgesehen sind, die längs oder parallel zur Meßrichtung ( $F_y$ ) ausgerichtet ist.

13. Radialkraftaufnehmer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegeringe (4, 16, 22, 28, 47, 52) mit mindestens zwei in Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) angeordneten Dehnungsmeßstreifen (10, 11, 62, 63) bestückt sind, die als Halb- oder Vollbrücke schaltbar sind.

14. Radialkraftaufnehmer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegeringe (4, 16, 22, 28, 47, 52) mit mindestens zwei in Hauptmeßrichtung ( $F_y$ ) und mindestens zwei quer bzw. um 90° versetzt ( $F_x$ ) angeordnete Dehnungsmeßstreifen (10, 11, 13, 14, 62, 63, 64, 65) bestückt sind, wobei die Dehnungsmeßstreifen jeder Richtung ( $F_y$ ,  $F_x$ ) als Halb- oder Vollbrücke schaltbar sind.

15. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer aus mindestens zwei Meßkörpern besteht, die durch eine Achse (39, 50) kraftschlüssig miteinander oder ihre Krafteinleitungselemente (6, 21, 28, 50) und/oder ihre Kraftaufnahmeelemente (2, 15, 31, 45, 54) miteinander verbunden sind.

16. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der

Aufnehmer als Radialkraftmeßachse (40) ausgebildet ist, die mindestens zwei Meßkörper enthält, die in einer Achse (50) integriert sind.

17. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialkraftmeßachse (40) aus einem Rohr oder einem Vollkörper ausgearbeitet ist. 5

18. Radialkraftaufnehmer nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialkraftmeßachse (40) über zwei außenliegende Kraftaufnahmeelemente (45, 54) und ein um eine Mittelfläche (49) angeordnetes Krafteinleitungselement (50) verfügt, wobei zwischen dem Krafteinleitungselement (50) und den Kraftaufnahmeelementen (45, 54) jeweils mindestens ein Meßkörper angeordnet ist. 10 15

19. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßachse (40) mindestens zwei zentrale gegeneinander gerichtete seitliche Bohrungen (60) enthält, durch die ringförmige Kraftaufnahmeelemente (45, 54) gebildet werden. 20

20. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßachse (40) rotationssymmetrisch und spiegelbildlich um eine radiale Mittelfläche (49) angeordnet ist, wobei beide um die Mittelfläche (49) angeordneten Abschnitte gleich ausgebildet sind. 25

21. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßachse (40) einen runden Querschnitt besitzt, der über seine axiale Länge weitgehend den gleichen Außendurchmesser aufweist. 30

22. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungselemente (6, 21, 28, 50) und/oder Kraftaufnahmeelemente (2, 15, 31, 45, 54) ringförmig oder ein Vollprofil aufweisen und über runde und/oder eckige Querschnittsprofile verfügen. 35

23. Radialkraftaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die seitlichen Bohrungen (60) oder Bohröffnungen mit Abschlußscheiben (42, 56) verschraubt, verschweißt, verklebt oder durch andere Befestigungsmittel abgedichtet sind. 40

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

- Leerseite -



Fig. 1

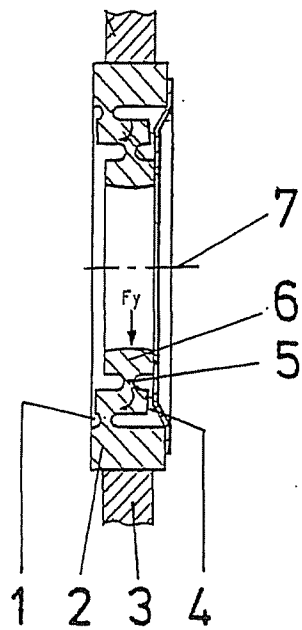


Fig. 2

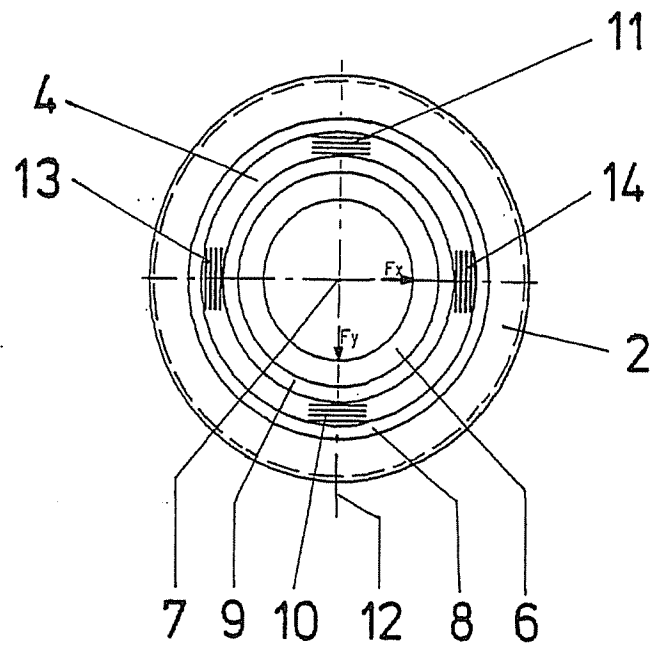


Fig. 3

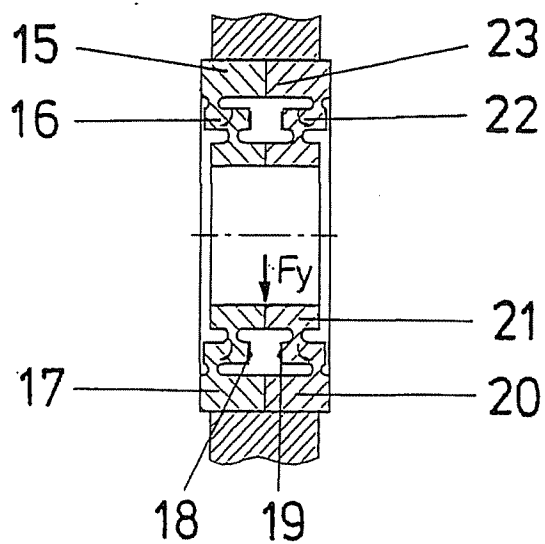


Fig. 4

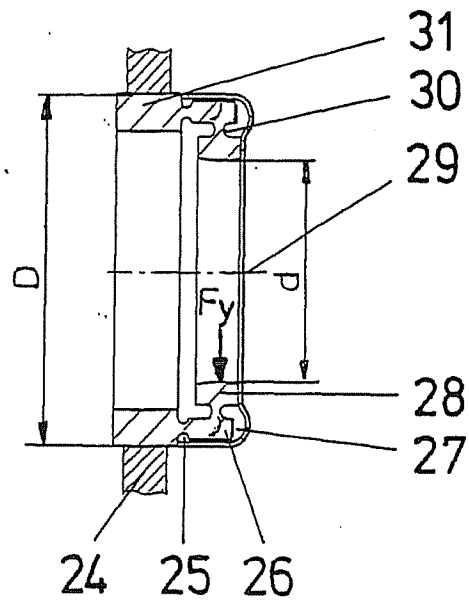


Fig. 5

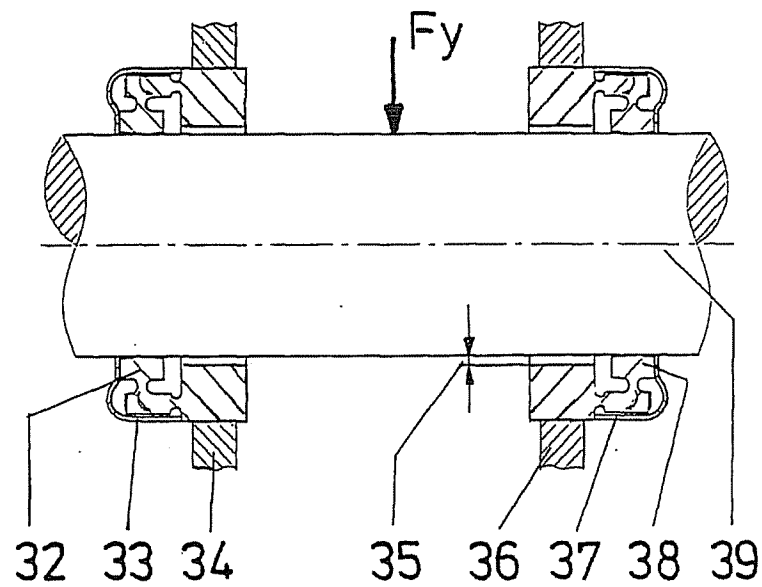


Fig. 6

